植保會刊 27：299～316 (1985)
Plant Prot. Bull. (Taiwan, R.O.C.) 27:299～316 (1985)

玉米螟之生物防治[1]

邱瑞珍　錢景泰

臺灣省農業試驗所

（接受日期：民國 74年10月14日）

摘　要

玉米螟乃玉米栽培期中之首要害蟲，依其地理分布重要者有歐洲玉米螟（*Ostrinia nubilalis* (Hb.)）與亞洲玉米螟（*Ostrinia furnacalis* (Gn.)）兩種。前者分布於歐、美、亞及非洲地區，後者分布於亞、澳地區。該兩種玉米螟種名之鑑定頗有存疑之處，本文係依文獻使用者予以整理。

本文所論之玉米螟生物防治，係以歐洲玉米螟為主，分別列述其卵、幼蟲及蛹等之寄生性天敵（昆蟲、細菌、眞菌、病毒、線蟲及原生動物等）與捕食性天敵（昆蟲、蜘蛛、鳥及嚙齒動物等）之種類及其應用於防治玉米螟之實例。並就其卵寄生蜂之飼育、增殖、釋放等技術及其改進加以檢討。玉米螟之微生物天敵因另有專題報告，本文不予列述。

（關鍵字：亞洲玉米螟、歐洲玉米螟、生物防治、寄生性天敵，捕食性天敵、赤眼卵蜂、飼育、增殖、釋放。）

ABSTRACT

Chiu, S. C. and C. C. Chien (1985) **Biological Control of the Corn Borers.** Plant Prot. Bull. (Taiwan, R.O.C.) 27：299～316 (Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung Hsien, Taiwan 41301, R.O.C.)

The corn borers have been recognized as the most destructive insect pest of corn during its growing season. Two important species of the corn borers are known as European corn borer (*Ostrinia nubilalis* (Hb.)) and Asian corn borer (*Ostrinia furnacalis* (Gn.)), the former species distributed in Europe, North America, western Asia and northwestern Africa, and the latter species distributed in Asia and Australia. The confusion on name identification has been existent between these two species in some literature. The names of corn borers presented in this paper is directly cited from its literature.

This paper reviews about the biological control of corn borers and with

1. 本文於民國73年 6 月26日在「稻田轉作玉米害蟲防治研習會」宣讀。

especial emphasis on the European corn borer. It concerns with the parasitoids (e.g. insect, bacterium, fungus, virus, nematode and protoza), and the predators (e.g. insect, spider, bird and rodent) of the egg, larva and pupa of corn borers particularly the utilization of natural enemies for their control. The propagating and releasing techniques of their egg parasitoids and the factors effect on wasp liberation are also reviewed and discussed as follows:

1. The propagating techniques cover the species identification, use of alternative hosts, host eggs inviability, maintenance of the health stock of wasps, and the semi- or automated rearing procedure, etc.

2. The releasing techniques cover the understanding of the density and ovipositing period of host insects, release of various developmental stages of wasps, and the use of protecting container, tractorised apparatus or aircraft for the wasps liberation, etc.

3. The effectiveness of wasps liberation is closely related to the duration of the flight period of host moths, weather condition, corn variety, adequated numbers and times of wasps released, etc.

(Key words: *Ostrinia furnacalis* (Gn.), *Ostrinia nubilalis* (Hb.), biological control. parasitoid, predator, *Trichogramma*, propagation, liberation)

緒　言

爲紓解本省稻米生產過剩所引起之財政與倉容壓力及稻米外銷困難等問題，政府自民國73年起輔導稻田轉作雜糧作物以及轉營漁牧事業。同時調整農業生產結構，有效利用水土資源以提高整體糧食之供給率。該項計畫共分6年執行，前3年之稻田轉作玉米面積占全部轉作面積與休耕面積之48%，共約90,000公頃[1]。隨著玉米栽培面積之增加，其蟲害之防治問題乃日見重要。玉米螟乃本省玉米之首要害蟲，其生物防治試驗過去雖有玉米中心[2]與花蓮區農業改良場[7]等着手辦理，但欲加利用尙待加深試驗。本所於73年初始參與利用赤眼卵寄生蜂(*Trichogramma* spp., Trichogrammatidae)防治玉米螟之技術改進計畫，筆者等爲此乃參閱國內、外有關玉米螟之生物防治文獻82篇，資料中以歐洲玉米螟(*Ostrinia nubilalis* (Hb.))占絕大多數，玆整理如後，備供本省現階段玉米螟生物防治之參考。

據Mutuura與Munroe記載，爲害玉米之*Ostrinia*屬螟蟲共有3種，即分布於亞洲與澳洲之亞洲玉米螟(*O. furnacalis* (Gn.))。分布於歐洲、非洲(西北部)、亞洲(西部)及北美之歐洲玉米螟(*O. nubilalis*)。以及分布於北美之美洲玉米螟(*O. obumbratalis* (*Led.*))。其中僅前2種具經濟重要性[59]。可是該兩種螟蟲種名之鑑定混淆不清，而且多以*nubilalis*稱之。本省玉米螟之學名多年來如Clark氏(1934)與曾氏(1974)均稱之爲歐洲玉米螟(*O. nubilalis*)[2,21]，近年來本省從事玉米螟之硏究者則認爲本省玉米螟應屬亞洲玉米螟(*O. furnacalis*)。本文依據文獻所使用之學名爲準而作以下之簡介。

本文內容包括玉米螟之天敵種類及其應用於防治玉米螟之實例。並就其卵寄生蜂之飼育、增殖及釋放等技術之改進加以檢討。

亞洲玉米螟之生物防治

亞洲玉米螟天敵之資料甚少，可能係因學名鑑定不正確之故。筆者等查得之文獻僅中國大陸[30,42,81]、臺灣(邱與陳未發表資料)、菲律賓[20]、馬來亞[80]及新幾內亞[77]等地略有記載。至於其生物防治方面之工作尙乏具體事例。本省自73年初起，因玉米之栽植面積增大，玉米螟又屬首要害蟲，乃正式展開玉米螟

之生物防治計畫。

亞洲玉米螟之寄生性天敵，全球記錄者共4科、10種（表1）。其中以卵寄生蜂赤眼卵蜂 *Trichogramma* spp. 最屬重要。其捕食性天敵已記錄者共2科、2種（表1）。菲律賓之1種蠼螋，*Proreus simulans* (Stal)，能捕食玉米螟之卵與幼齡幼蟲[20]。

本省於 73 年 1 至 7 月間共採得亞洲玉米螟卵寄生蜂2種，先後經林珪瑞、Platner 與 Pinto 及洪章夫等鑑定為 *Trichogramma chilonis* Ishii 與 *Trichogramma ostriniae* Pang & Chen。近期又從採得之玉米螟被寄生卵塊飼育得 1 種寄生蜂，經林珪瑞鑑定為 *Trichogrammatoidea* sp. 但發生量不多（邱與陳未發表資料）。今後擬進行 *T. ostriniae* 之大量增殖，提供本省玉米螟生物防治之用。

表 1. 亞洲玉米螟之天敵

Table 1. Natural enemies of *Ostrinia furnacalis* (Gn.)

寄生性天敵 (Parasitoids)
- 膜翅目 Hymenoptera
  - 毛小蜂科 Trichogrammatidae
    - *Trichogramma* sp.[77]
    - *T. chilonis*（邱與陳未發表資料）
    - *T. forcipiformis*[81]
    - *T. ostriniae*（邱與陳未發表資料）
    - *T. tielingensis*[81]
    - *Trichogrammatoidea* sp.（邱與陳未發表資料）
  - 姬蜂科 Ichneumonidae
    - *Trichomma* sp.[20]
    - *Xanthopimpla stemmator*[20,80]
  - 大腿小蜂科 Chalcididae
    - *Brachymeria obscurata*[20,80]
- 綠殭菌
  - *Metarrhizium anisopliae*（邱與陳未發表資料）

捕食性天敵 (Predators)
- 膜翅目 Hymenoptera
  - 細腰蜂科 Sphecidae
    - *Sceliphron madraspatanum conspicillatum*[20]
- 革翅目 Dermaptera
  - 蠼螋科 Labiduridae
    - *Proreus simulans*[20]

歐洲玉米螟之生物防治

歐洲玉米螟源自歐洲，乃玉米栽培方面深具歷史之重要害蟲。早期其生物防治工作僅限於天敵之種類調查及其習性觀察等。美國為防治歐洲玉米螟，自 1919 年至 1939 年即自歐洲與滿州、韓國、日本及臺灣等地引入大量之歐洲玉米螟越冬幼蟲及一些寄生蜂之繭與蛹。擬使用其生物天敵如幼蟲與蛹之寄生蜂或寄生蠅等防治玉米螟[12]。而蘇聯亦早在 1969 年進行歐洲玉米螟之卵寄生蜂 *Trichogramma* spp. 利用之田間試驗[45]。目前除蘇聯外，西德、法國、瑞士、羅馬尼亞、保加利亞、美國及我國大陸等地利用卵寄生蜂 *Trichogramma* spp. 防治玉米螟均已獲得成效[16,19,27,31,32,33,41,43,45,47,54,65,70]。本省於民國 20 至 21 年曾在新營、新化、永康及屏東等地採得歐洲玉米螟並記錄一些天敵[21]。61至62年本省臺南區農業改良場玉米中心曾進行玉米螟卵寄生蜂 *Trichogramma* sp. 之田間釋放，惜結果不理想，玉米莖之被害率在寄生蜂釋放區與對照區間無顯著差異[2]。

歐洲玉米螟之寄生性天敵

全球記錄之歐洲玉米螟寄生性天敵共 107 種（表2），依寄主之被寄生蟲期區分，則卵期之天敵17種，幼蟲與蛹期之天敵93種。但此類天敵中仍以卵寄生蜂 *Trichogramma* spp. 最為重要。

本省記錄歐洲玉米螟之寄生性天敵 5 種，包括赤眼卵蜂、姬蜂及寄生蠅等。民國60年 3

月在臺南鹽水發現其卵寄生蜂*Trichogramma* sp. 之寄生率約爲 32%[2]。幼蟲至蛹之3種姬蜂爲*Xanthopimpla stemmator* (Thunb.)、*X. punctata* (Fab.)及*Trichomma cnaphalocrosis* Uch. 其中之前兩種在民國20至21年被Clark氏混爲1種，其在臺南地區之寄生率分別爲 39.4%與 15.4%，新營地區曾高達 81%，但兩種中，仍以*X. stemmator*爲優勢種[21]。曾與侯氏報告民國57年該兩種 *Xanthopimpla* 蜂在嘉義朴子之寄生率各爲0.8與0.12%[4]。*X. stemmator* 之寄主除玉米螟外尚有爲害甘蔗之黃螟(*Argyroploce schistaceana* Snell.)、二點螟 (*Chilotraea infuscatellus* (Snell.) Kapur)、條螟(*Proceras venosatus* Walk.)及爲害甘藷之甘藷螟蛾(*Omphisa illisalis* Walk.)等[21]。*Trichomma cnaphalocrosis* 雖不若*X. stemmator*之重要，但每年都有發生，民國21年春季在新營、永康兩地其寄生率約爲2.9%，最高爲7%[21]。據曾氏報告，秋作玉米時發現寄生蠅(學名未定)之寄生率可達60%[3]。

表 2. 歐洲玉米螟之寄生性天敵

Table 2. Parasitoids of *Ostrinia nubilalis* (Hb.)

膜翅目 Hymenoptera

姬蜂科 Ichneumonidae

- *Agrypon* sp.[37]
- *A. prismaticum*[37]
- *Campoletis erythropus*[37]
- *C. perdistincta*[37]
- *Campoplex alkae*[37]
- *C. crassifemur*[37]
- *C. multicinctus*[37]
- *C. pyraustae*[37]
- *C. rufifemur*[37]
- *Centeterus* sp.[37]
- *Cremastus flavoorbitalis*[37]
- *C. minor*[37]
- *C. ornatus*[37]
- *Enicospilus purgatus*[37]
- *Eriborus terebrans*[37]
- *Exeristes roborator*[37]
- *Gambrus bituminosus*[37]
- *G. ultimus*[37]
- *Hemiteles coriarius*[37]
- *Itoplectis conquisitor*[37]
- *Melanichneumon brevicinctor*[37]
- *M. rubicundus*[37]
- *Phaeogenes nigridens*[37]
- *Pimpla nuda*[37]
- *P. turionellae*[37]
- *Pristomerus pacificus melleus*[37]
- *Scambus hispae*[37]
- *S. pterophori*[37]
- *Trichomma cnaphalocrosis*[21]
- *Xanthopimpla stemmator*[4,21,37]
- *X. punctata*[4,21]

小繭蜂科 Braconidae

- *Agathis agilis*[37]
- *Apanteles awanomeigae*[37]
- *A. gabrielis*[37]
- *A. pyralidis*[37]
- *A. thompsoni*[37]
- *Bracon atricornis*[37]
- *B. brevicornis*[37]
- *B. caulicola*[37]
- *B. gelechiae*[37]
- *B. hebetor*[37]
- *B. mellitor*[37]
- *B. simonovi*[37]
- *Chelonus annulipes*[37]
- *C. inanitus*[37]
- *Macrocentrus abdominalis*[37]
- *M. gifuensis*[37]
- *M. pallipes*[37]
- *M. robustus*[37]
- *Meteorus campestris*[37]
- *M. nigricollis*[37]
- *Microgaster epagoges*[37]
- *M. globata*[37]

表 2.（續）

M. meridiana(37)	*Euexorista futilis*(37)
Microplitis xanthopus(37)	*Eumea caesar*(37)
Vipio inscriptor(37)	*E. mitis*(37)
大腿小蜂科 Chalcididae	*Exorista civilis*(37)
Brachymeria sp.(37)	*Lixophaga diatraeae*(39)
B. hammari(37)	*L. variabilis*(37)
Spilochalcis side(37)	*Lydella* sp.(37)
黃金小蜂科 Pteromalidae	*L. parasitica*(37)
Dibrachys cavus(37)	*L. thompsoni*(37)
釉小蜂科 Eulophidae	*Nemorilla floralis*(37)
Eulophus sp.(37)	*N. pyste*(37)
Miotropis clisiocampae(37)	*Pseudoperichaeta insidiosa*(37)
Sympiesis viridula(37)	未定名(3)
毛小蜂科 Trichogrammatidae	細菌 Bacteria
Trichogramma sp.(4,37)	*Bacillus megaterium*(53)
T. dendrolimi(37)	*B. thuringiensis darmstadionsis*(58)
T. euproctidis(65)	*B. t. galleriae*(58)
T. evanescens(37)	*B. t. kenyae*(58)
T. japonicum(54)	*B. t. kurstaki*(58)
T. maidis(14)	*B. t. thuringiensis*(58)
T. minutum(37,55)	*B. t. tolworthi*(58)
T. nubilale(26)	眞菌 Fungi
T. ostriniae(27)	*Beauveria bassiana*(66)
T. perkinsi(23)	*Metarrhizium anisopliae*(66)
T. pretiosum(26)	*Paecilomyces fumosoroseus*(66)
T. rhenana(73)	病毒 Viruses
T. schuberti(73)	*Autographa californica*(51)
雙翅目 Diptera	*Rachiplusia ou*(51)
黃潛蠅科 Chloropidae	原生動物 Protozoa
Polyodaspis ruficornis(37)	*Nosema pyraustae*(52,76)
寄生蠅科 Tachinidae	*Vairimorpha necatrix*(50)
Digonochaeta setipennis(37)	線蟲 Nematode
Eriothrix penitalis(37)	DD-136(75)

歐洲玉米螟之捕食性天敵

歐洲玉米螟之捕食性天敵包括有昆蟲、蜘蛛、鳥及嚙齒動物等21種（表3）。在美國其重要者有 *Ceratomegilla fuscilabris* (Muls.)、*Hippodamia convergens* Guer. 及 *H. tredecimpunctata* (L.) 等瓢蟲。其幼蟲與成蟲均能捕食玉米螟之卵與幼齡幼蟲，且以捕食卵最爲有效。在俄亥俄 (Ohio) 州，*C. fuscilabris* 出現較早，可捕食玉米螟卵達 50% 或更多，而後兩種則在玉米螟產卵後期出現。*C. fuscilabris* 與 *H. convergens* 經常在一些玉米田活動，可使玉米螟之卵塊與幼蟲大量減少

[12]。此外，又發現草蜻蛉之幼蟲與蜘蛛亦可捕食玉米螟之卵[12]。

鳥類在捕食玉米螟越多幼蟲方面似乎亦頗重要。美國曾記錄 9 種，但其中以啄木鳥 (downy woodpecker, *Dryobates pubescens medianus* (Swain.)) 與紅翅黑鳥 (red-wing blackbird, *Agelaius phoeniceus phoeniceus* (L.)) 爲最重要[12]。加拿大之紅翅黑鳥 (*Agelaius phoeniceus* 在秋末時可捕食多量之玉米螟幼蟲，而使次年玉米上之玉米螟族群密度趨降，但其捕食玉米螟所獲效果僅可彌補其食害玉米所致損失之 20%[13]。日本記錄步行蟲 (*Plochionus* sp.) 與啄木鳥乃玉米螟之捕食性天敵[21]。

至於捕食性天敵在防治玉米螟方面之價值，美國認爲很難評估，特別是一些夜間活動之捕食種類，如嚙齒動物與甲蟲之幼蟲與成蟲，均能捕食正在遷移或正圖侵入玉米莖內之玉米螟幼蟲，或玉米螟成蟲[12]。

表 3. 歐洲玉米螟之捕食性天敵

Table 3. Predators of *Ostrinia nubilalis* (Hb.)

半翅目 Hemiptera	脈翅目 Neuroptera
花椿象科 Anthocoridae	草蜻蛉科 Chrysopidae[12]
Orius insidiosus[37]	蜘蛛 Spiders[12]
O. sauteri[37]	鳥 Birds
Scoloposcelis parallelus[37]	*Agelaius phoeniceus phoeniceus*[12]
鞘翅目 Coleoptera	*Corvus brachyrhynchos brachyrhynchos*[12]
步行蟲科 Carabidae	*Dryobates pubescens medianus*[12]
Chlaenius pictus[37]	*Euphagus carolinus*[12]
Plochionus sp.[21]	*Penthestes atricapillus atricapillus*[12]
瓢蟲科 Coccinellidae	*Phasianus colchicus torquatus*[12]
Ceratomegilla fuscilabris[12]	*Quiscalus quiscula quiscula*[12]
Coleomegilla maculata[37]	*Sturnus vulgaris vulgaris*[12]
Hippodamia convergens[37]	*Turdus migratorius migratorius*[12]
H. tredecimpunctata[37]	嚙齒動物 Rodents[12]

歐洲玉米螟生物防治實例

卵寄生蜂之利用：赤眼卵蜂*Trichogramma* spp. 之寄主範圍甚廣，有記載者約近 200 種，其中以鱗翅類最爲主要[6]。就玉米螟而言，該蜂亦屬其重要天敵。在歐、美國家均有利用赤眼卵蜂防治玉米螟之事例。茲分述如后。

蘇聯　歐洲玉米螟對玉米之嚴重爲害已有多年，蘇聯曾使用耕作方法防治之，效果並不令人滿意。因此1969至1974年乃在烏克蘭森林-草原地帶進行寄生蜂*Trichogramma evanescens* Westw. 之釋放試驗，以探求該蜂防治玉米螟之適當釋放數量與釋放次數。每公頃釋放 40,000 至 150,000隻寄生蜂，計分 6 種處理，分別在玉米螟產卵之初期與尖峰期各釋放半數。結果發現釋放數由每公頃80,000增爲100,000隻時，其防治效果約增 55%。但釋放數再增加時，其防治效果並未增加。釋放數爲每公頃 80,000 至 150,000 隻時，每莖幼蟲數可降低 83%，破莖數可減半，穀粒受損也減少一半以上。由防治費用觀之，最佳之釋放蜂數爲每公頃80,000至100,000隻。釋放次數須依玉米螟產卵期之長短而定。如1972年當地玉米螟產卵期比常年延長，此時每隔 6 至 8 天即須釋放 1 次，釋放 3 次最爲經濟而有效。而在1973至1974年因玉米螟在短期內產下大部分之卵，該時僅釋放 2 次寄生蜂，即可獲防治效果。因此，Klok 氏認爲不論玉米之生產是作青飼料用或食用穀粒，其玉米螟之防治均以利用寄生蜂最

爲理想[45]。又烏克蘭 Cherkess 地區常利用 *Trichogramma* 寄生蜂防治蔬菜害蟲及玉米螟，其效果可達 75～92%。Dvirnyak 氏認爲將該蜂列入綜合防治作業，可大量減少藥劑之使用量[25]。

西德 1977至1980年間在10處玉米田進行歐洲玉米螟之生物防治。用麥蛾（*Sitotroga cerealella* (Ol.)）卵繁殖寄生蜂 *Trichogramma evanescens*，再依據田間害蟲之發生密度而決定其釋放時間、釋放數量及次數。結果使玉米螟族群密度降低61～93%，防治獲得成功[32]。1979 年 Neuffer 氏利用 *T. evanescens* 蜂防治爲害食用玉米之玉米螟，未防治前玉米產量損失達80%，時或更高。後經利用粉斑螟蛾（*Ephestia kuehniella* Zell.）之卵繁殖寄生蜂，於田間玉米螟產卵時期，每隔 1 星期，每公頃釋放 50,000 至 100,000 隻寄生蜂蛹體，共釋放 1 至 3 次。其結果可使玉米螟之爲害減輕，不堪出售之玉米比率亦見減少。尤其在寄生蜂釋放數最多之處理，其生物防治效果特別顯著[60]。

法國 該國 Alsace 地區之歐洲玉米螟年發生 1 代。其於 1974 年即大量繁殖寄生蜂 *Trichogramma maidis* Pintu. & Voeg.，並釋放於玉米田，據稱玉米螟蟲口可以減少 9～95%，且其效果較之藥劑爲有效。Stengel 氏認爲某地區玉米螟之爲害是否嚴重，可由其前一年秋季之玉米螟蟲口預測而得知，故能及時繁殖寄生蜂 *T. maidis* 備供釋放以資抑制[70]。法國國家農業試驗所（INRA）報導 1979年之寄生蜂釋放面積僅幾百公頃，並推測1980年將擴增爲 2,000 公頃[40]。

瑞士 Bigler 等氏（1975）在室內用粉斑螟蛾（*E. kuehniella*）卵繁殖寄生蜂 *Trichogramma evanescens*。並定期釋放於玉米田。可使歐洲玉米螟之卵被寄生率高達95%。該蜂在 1979年繁殖至 110代後，玉米螟即顯著地被滅除[16]。Krehbiel 與 Wittwer 兩氏於1978年開始進行寄生蜂 *Trichogramma* 之大量繁殖與大面積之田間釋放。結果在釋放區玉米之受害率僅 9 %，而對照區則高達 24%[47]。

羅馬尼亞 卵寄生蜂 *Trichogramma evanescens* 乃羅馬尼亞歐洲玉米螟之本地天敵，其寄生率之高低與其棲息環境有關，Rosca 與 Barbulescu 兩氏報告，如果玉米田之四周有森林時，其寄生率可達 21.2%，若在 300 m 外才有森林時，則其寄生率僅 0.65%[67]。又 1971 年 Manolache 與 Tien 兩氏在田間釋放其本地種寄生蜂 *T. evanescens* 與自越南引進之 *Trichogramma japonicum* Ashm. 蜂以防治歐洲玉米螟，結果後者顯得較爲活躍，而且生活史短，產卵量多，使玉米產量每公頃增加 1190.77 kg，而 *T. evanescens* 之釋放區，玉米產量每公頃僅增加 297.43 kg[54]。

保加利亞 保加利亞南部地區栽培之玉米受歐洲玉米螟爲害嚴重，經釋放寄生蜂 *Trichogramma euproctidis* (Gir.) 後，釋放區與對照區內玉米植株之平均受害率爲19.4與48.6%，每株玉米上之玉米螟幼蟲數分別爲 1～1.2 與 2.8～3.6 隻。釋放區內之玉米螟卵被寄生率爲73.2～76.8%。保加利亞西北部部分地區玉米受歐洲玉米螟之爲害亦頗嚴重。經釋放卵寄生蜂後，釋放區與對照區內之植株受害率分別爲 15 與 38.5%。釋放區內之玉米螟卵被寄生率平均爲 68.3%[65]。Ivanov 氏亦認爲利用寄生蜂 *Trichogramma* spp. 防治玉米螟之效果甚佳，寄生率可達 70～80%，可使 60～85%之玉米不受玉米螟之爲害[41]，Karadjov 氏又云釋放 *T. euproctidis* 蜂乃防治玉米螟之主要方法，在有利環境下，其寄生率可高達 90%以上。而 *T. evanescens* 蜂則效力較差，其寄生率不會超過 69%[43]。Ivanov 氏認爲 *Trichogramma* 屬之寄生蜂在植物保護之害蟲綜合防治方面頗具潛力，實屬有效之生物防治因子[41]。

美國 歐洲玉米螟在美國亦屬玉米之重要害蟲，但其卵塊之被寄生率變化很大，一年中常自0.5 至 70%不等。且各個卵塊內卵粒之被寄生數偏低，僅 0.5～20%。自 1931 至 1949 年之文獻查知，該國爲提高玉米螟卵之被寄生率，曾經釋放室內飼育之寄生蜂如 *Trichogramma minutum* Riley 與 *Trichogramma pretiosum* Riley，但結果未獲成效。1971 年乃加強玉米螟卵寄生蜂 *Trichogramma* 之蒐

尋，後在德拉威州 (Delaware) 之羊蹄草 (dockweed, *Rumes* spp.)、甜椒 (*Capsicum annuwn*) 及甜玉米 (*Zea mays*) 等作物上發現寄生蜂 *Trichogramma nubilale* Ertle & Davis，其對爲害甜玉米玉米螟之寄生率爲 5％ (6月) 至 70％ (9月)。尤其 1971 至 1972 年田間採得之玉米螟被寄生卵塊，約有 90％卵粒全數被寄生[26]。

Burbutis 與 Goldstein 兩氏用歐洲玉米螟卵，以每 1 卵塊配 6 隻蜂之比例繁殖寄生蜂 *T. nubilale*，計繁殖 1,000 隻蜂需美金 0.12 元，每工 1 天可生產 262,000 蜂。按每公頃釋放 59,000 隻 *T. nubilale* 蜂計算，其成本費用約爲 14.16 美元。此項費用與1982年利用 Carbofuran 防治玉米螟每公頃需耗費 25～30 美元相較，顯然較爲經濟[19]。

我國大陸 Feng 等氏報導 1974 年在山東省釋放卵寄生蜂防治歐洲玉米螟。每畝釋放 10,000 隻寄生蜂包括 *Trichogramma dendrolimi* Mats. 與 *Trichogramma ostriniae* Pang & Chen等，其寄生率可達80％，又云寄生蜂釋放次數可視寄主產卵期與當時田間溫度下寄主昆蟲之發育情況而定。氏等發現每 1 代玉米螟之發生，釋放寄生蜂 3 至 4 次即可達到防治之目的。若在寄生蜂釋放後，再施用蘇力菌*Bacillus thuringiensis*與白殭菌 *Beauveria bassiana* 更可獲得進一步之防治效果[27]。Yu 氏等報導近年來於北平市郊進行大面積玉米田釋放寄生蜂 *T. dendrolimi* 防治玉米螟，其寄生率已達 70～80％[79]。

臺灣 本省玉米中心在民國61至62年間，將採自田間之玉米螟卵寄生蜂*Trichogramma* spp. 作爲蟲源，用外米綴蛾 (*Corcyra cephalonica* Stain.) 爲代用寄主，進行卵寄生蜂之大量繁殖並釋放於田間。其試驗係於玉米種植後之40天 (61年) 與25天 (62年) 起，在面積約 0.03 ha 之兩處試驗田釋放卵寄生蜂 5,000 至 7,500 隻，每隔 3 至 4 天釋放 1 次，直至玉米雄花完全抽出爲止。結果其防治效果欠理想。春作時寄主卵塊發生較多，每株上約有 1.7～8.0 及 0.8～7.8 塊，又因平均溫度在 26°C 以上之影響，釋放寄生蜂後，田間玉米螟卵塊之被寄生率可由零升至95％。但其莖之被害率 (79～82 與 69～59％) 與未釋放寄生蜂之對照區 (87與80％) 間並無顯著差異。而秋作時因田間玉米上之玉米螟卵塊數較少，每株 0.3～0.8 與 0.2～0.7塊，經釋放卵寄生蜂後，釋放區內玉米螟卵塊之被寄生率低於 5％，而其玉米莖之被害率 (36～31 與 30～39％) 與對照區 (34％) 亦無顯著差異[2]。

幼蟲與蛹寄生性天敵之利用：歐洲玉米螟幼蟲與蛹之寄生性天敵包括有昆蟲、細菌、眞菌、病毒、線蟲及原生動物等。其中以寄生蠅 *Lydella thompsoni* Hert.、姬蜂 *Eriborus terebrans* (Grav.) 及小繭蜂 *Macrocentrus grandii* Goid. 較爲重要，且在美國、加拿大、關島等地釋放後均獲立足。茲分述如后：

美國 自 1919 至 1939 年分別自歐洲與滿州、韓國、日本及臺灣等地輸入越多之歐洲玉米螟幼蟲 23,796,713 與 3,070,895 隻及一些寄生蜂之繭與蛹。由輸入之幼蟲與蜂繭飼育得24種天敵。在1920至1940年間共釋放21種，計 2,993,605 隻。其中獲得立足者 6 種，即姬蜂 (*Eriborus terebrans* 與 *Phaeogenes nigridens* Wesm.)、小繭蜂 (*Chelonus annulipes* Wesm. 與 *Macrocentrus grandii*)、釉小蜂(*Sympiesis viridula* (Thoms.)) 及寄生蠅 (*Lydella thompsoni*)。依據其立足數量及分散力之評估，認爲姬蜂 *Eriborus terebrans*、小繭蜂 *Macrocentrus grandii* 及寄生蠅 *Lydella thompsoni* 較有價值[12]。此後每隔 10 年即進行 1 次天敵釋放後之評估，發現 *Eriborus* 姬蜂與 *Macrocentrus* 小繭蜂均逐年減少，而*Lydella*寄生蠅則未發現。Andreasdis 氏認爲康州 (Connecticut) 除小繭蜂 *Macrocentrus* 外，其它引進天敵及本地天敵在歐洲玉米螟自然防治中均屬不重要角色[9]。Hill 等氏認爲內布拉斯加州 (Nebraska) 偶而除了一些玉米田外，引進天敵也非影響歐洲玉米螟蟲口消長之因子[38]。至於前述寄生蜂生存量之減少與寄生蠅消失之原因，則被認爲主要由於 1962 至 1965 年秋季歐洲玉米螟受幼蟲微粒子病 (*Nosema pyrausta* Pail.) 流行之影響[9,10,58]。目前有關寄生蠅族群之重建與其田間

之應用尙在硏究中[18]。

加拿大 自1923年開始，先後27年間自歐洲、美國及東方引進並釋放玉米螟幼蟲與蛹之天敵凡26種，約4,900,000隻。其中僅姬蜂 *Eriborus terebrans*、釉小蜂 *Sympiesis viridula* 及寄生蠅 *Lydella thompsoni* 獲得立足，而且逐漸分散至玉米螟爲害之地區，但其寄生率仍無法達到足以影響玉米螟蟲口之程度。另有數種寄生蜂在釋放後雖可在當季回收，但因不能持續繁衍而告失敗。因此就整個生物防治計畫而言，僅能略獲效益或全無成效。又在釋放寄生蜂之初，歐洲玉米螟多半是年發生1代，可是1940年則因情況改變，歐洲玉米螟1年竟發生2代，此種現象有益於天敵族群之建立，尤其對寄生蠅 *Lydella thompsoni* 而言，能使之在1年中繁殖1代或多代[22]。

關島 該地在1911年首次發現歐洲玉米螟，遂即迅速繁衍成爲玉米之重要害蟲。其生物防治工作自1926至1931年由美國、日本及滿州等地共引進4種幼蟲及蛹之天敵，包括姬蜂（*Campoplex alkae* (E. & S.)、*Exeristes roborator* (F.) 及 *Cremastus flavoobitalis* Cam.）及寄生蠅（*Lydella thompsoni*）。其中僅 *Exeristes* 姬蜂與 *Lydella* 寄生蠅在室內繁殖成功並數以千計地釋放於田間。1952與1954年又自美國輸入歐洲玉米螟幼蟲2批，分別爲32,400與50,000隻，飼育得天敵5種，即姬蜂（*Eriborus terebrans*）、小繭蜂（*Macrocentrus grandii*、*Chelonus annulipes* 及 *Agathis agilis* (Cress.)）及寄生蠅（*Lydella thompsoni*）。均不經過室內飼育即直接釋放於田間。由調查資料顯示1954年在不適宜之情況下釋放，僅有少數玉米螟蟲被寄生。1956年又自美國引入姬蜂 *Eriborus terebrans*、小繭蜂 *Chelonus annulipes* 及寄生蠅 *Lydella thompsoni* 至塞班島（Saipan Island），但是否釋放或立足則無所悉[22]。

前述之引進天敵中，僅寄生蠅 *Lydella thompsoni* 獲得立足，而且快速地散布於整個關島，寄生率亦高。據1936年之調查顯示該蠅對玉米螟之防治效果頗令人滿意。但1951年之調查却顯示50～85%之玉米均受玉米螟爲害或致死。採自田間之數千隻玉米螟中，僅發現1隻寄生蠅，且自1954年後即未再發現此蠅。可是文獻中對此蠅在早期之生存數量多且能有效地防治玉米螟，而在後期却出現消滅之情形，未作任何說明[22]。

玉米螟卵寄生蜂利用之檢討

由上述利用天敵防治玉米螟之實例中，實可認定卵寄生蜂在玉米螟生物防治中居重要地位，玆爲謀求其能充分發揮其潛力，乃對其飼育技術、釋放技術以及影響釋放效果之因子等分項檢討如次：

卵寄生蜂之飼育技術

寄生蜂在大量繁殖中常隨著繁殖代數之增多而出現蜂種退化現象，如營養馴化、羽化不整齊、羽化率減低、體型大小不一，甚至畸形，飛翔力弱、壽命短以及雄蜂數量增多等現象。因此爲確保蜂種之品質，在卵寄生蜂繁殖中必須注意以下各點。

1. 種類之正確鑑定：欲利用害蟲之生物天敵防治害蟲，則其天敵種類之正確鑑定最爲首要。*Trichogramma* 屬卵寄生蜂因體形甚小，種之特徵又難分辨，因此在飼育期間應該嚴密防患，避免有其同胞種（sibling species）或其它蜂種之混入，而影響及寄生蜂之品質及飼育作業[71]。

2. 代用寄主之使用：大量增殖寄生蜂常用鱗翅類之倉儲害蟲爲代用寄主。但有些寄生蜂可以使用代用寄主飼育，有些種類則否。如 Hassan 氏等報告，寄生蜂 *T. evanescens* 可用麥蛾（*Sitotroga cerealella*）或粉斑螟蛾（*Ephestia kuehniella*）繁殖之，而所繁殖得之蜂種在品質上並不因代用寄主之不同而有所差異。兩種代用寄主繁殖得之寄生蜂釋放玉米田後，對歐洲玉米螟之爲害率分別可降低75.5～94.8%與77.6～89.8%[36]。而寄生蜂 *Trichogramma nubilale* 對歐洲玉米螟之選擇性則較強，依據美國 Ertle 與 Davis, Curl 與 Burbutis, 及 Burbutis 與 Goldstein 等氏近10年來之經驗，均認爲該蜂仍以使用原寄主，即歐洲玉米螟，飼育最爲成功[29]。Ertle 與 Davis 兩氏報導用麥蛾爲代用寄主繁殖該蜂

，結果失敗[26]。

3. 殺卵處理：室內大量增殖寄生蜂常使用鱗翅目昆蟲爲代用寄主。如繁殖*Trichogramma* 屬寄生蜂時，未曾被寄生之寄主昆蟲卵若不預作殺卵處理，一旦孵化，其幼蟲常捕食正在發育中之寄生蜂，使寄生蜂之大量繁殖受到干擾。Goldstein 氏等估計繁殖 *Trichogramma nubilale* 蜂時，此種損失可達 25%[29]。又 Voegele 等氏認爲死卵比較適於貯存[72]。因此寄主昆蟲之卵不論供冷存或供寄生蜂寄生用，均宜先做殺卵處理 。一般常以低溫[69]、藥劑 (tepa)[78]、γ 射線[55]及紫外線[72] 等處理之。

玉米螟卵對紫外線特別敏感， Goldstein 等氏報告卵齡爲零至4小時之玉米螟卵經30分鐘之紫外線處理後，致死率可達 100%，其對卵寄生蜂 *Trichogramma nubilale* 及其寄生能力而言，並無害處，而且至少可以連續繁殖 5代。其第五代成蜂除壽命略短外 (3.12 vs 3.66天) ，其它如產卵量、羽化率、性比及每1寄主卵羽化出之蜂數均無差異[29] 。本省臺糖公司繁殖寄生蜂 *Trichogramma chilonis* 使用外米綴蛾爲代用寄主，其寄主卵用 15 W 紫外線照射1小時，即達殺卵之目的[5]。本所爲節省外米綴蛾卵片接受紫外線處理之時間與空間，目前正試以 0°C低溫處理寄主卵，發現經4小時之低溫處理後，殺卵率可達 100% (邱與陳未發表資料) 。

4. 變溫處理：寄生蜂之大量飼育一般都使用恒溫，寄生蜂釋放於田間時，常因溫差不同而影響及其在田野之活存率，尤其對成蜂之交尾與產卵能力影響更爲明顯。Pargamin與Grigorenko 兩氏認爲確保寄生蜂之品質，飼育時不應使用恒溫，否則釋放後蜂群無法適應田野之自然環境，例如日、夜溫差之變化，即會影響及其釋放後成蜂之生存及產卵寄生等情況。蘇聯在繁殖 *Trichogramma evanescens* 蜂時，其飼育之溫度定爲白天 26°C，晚上 14～16°C[63] 。蒲蟄龍亦認爲長時間在室內穩定之溫、濕度下連續多代繁殖寄生蜂，會使蜂種出現退化現象，氏等乃主張在適宜之室內溫、濕度下接蜂，1至2天後將被寄生卵片移至室外接受自然環境之適應，待其子代發育至蛹期時，再移回室內，如此可使寄生蜂釋放後在自然環境下更能適應而發揮其寄生效果[6] 。

5. 寄主昆蟲與代用寄主昆蟲之交替使用：單獨使用1種寄主昆蟲繁殖寄生蜂，常因連續多代之近親繁殖，而使寄生蜂之生長勢趨弱。蘇聯爲避免此弊之發生，繁殖*Trichogramma evanescens* 蜂時，在1年中除一向使用之代用寄主 (麥蛾或粉斑螟蛾) 外，間以原寄主昆蟲如 *Mamestra brassicae* (L.) 繁殖2代，或用 *Ostrinia nubilalis* 繁殖1代，即可使繁殖寄生蜂之品質保持正常[63]。

6. 接蜂時間：寄主昆蟲卵供寄生蜂產卵時間之久暫，將直接影響其卵之被寄生率。若能確定寄生蜂產卵之盛期及所需時間，則可使其產卵率達高峯。Pargamin 與 Grigorenko 認爲寄主卵供寄生蜂產卵約8小時後即予移開，可使蜂卵與其幼蟲之發育及成熟狀況趨於一致[63]。我國大陸繁殖 *Trichogramma* 屬寄生蜂時，其每一次接蜂時間不超過 10 分鐘。亦即發現寄主卵片上約有70%卵已被寄生時，即將之移開，如此，可避免寄主卵之被過量寄生 (superparasitism)[6]。

7. 接蜂空間：供寄生蜂產卵寄生之空間太大自然影響及寄生蜂之交尾及產卵機會，使受精率降低，而致其後代蜂之雄性占多數。於是性比因而改變。但若空間太小，繁殖多代之後，亦會減弱其成蜂之尋偶與交尾，以及雌蜂尋找寄主產卵之飛翔能力。因此用適當大小之空間接蜂也是飼育寄生蜂之重要條件。

美國 Burbutis 與 Goldstein 兩氏將玉米螟卵塊放在木箱 (45×43.1×53.8 cm) 內供寄生蜂 *Trichogramma nubilale* 產卵寄生，連續4年後發現雌雄蜂之性比由原來之雌：雄爲6：1，減爲2：1，後將該蜂放在玻管 (4×25 cm) 內任其交尾，其產生後代之性比又恢復至雌：雄爲 7：1[19]。蒲蟄龍報告，爲防止蜂種之退化與復壯，寄生蜂繁殖至一定數量後應改用較大之蜂箱飼育，並將寄主卵片置於箱之上方有玻璃之一面，使飛翔力較弱之雌蜂產卵機會減少，藉此淘汰生活力較弱之蜂體[6]。

8. 寄生蜂與寄主卵數之比例：爲避免繁殖

中寄生蜂發生太多之過量寄生現象，應根據不同蜂種之特點與其接蜂之先後次序而決定寄生蜂與寄主卵數之比例。如美國繁殖玉米螟寄生蜂 *Trichogramma nubilale* 時，係用 6 隻蜂與 1 個寄主卵塊之比例繁殖之[19]。本省臺糖公司則用已被寄生之蜂卵 1 片（約 1,200 粒卵），配以尚未被寄生產卵之寄主卵 6～8 片繁殖 *Trichogramma chilonis* 蜂[5]。蒲蟄龍認爲首次接蜂時，其寄生蜂與寄主卵數之比數應較第二次接蜂時爲小[6]。

9．冷藏處理：大量繁殖寄生蜂並予釋放田間防治害蟲時，經常發生繁殖蜂、釋放蜂及寄主昆蟲三者之供應不相配合。因此在害蟲大發生之前，必須有計畫地繁殖寄生蜂並冷藏之，待累積至一定數量時，才能適時予以釋放。不同種類之昆蟲其需要之適宜低温、能耐冷藏之發育期以及冷藏時間之長短均不相同。蘇聯在繁殖 *Trichogramma* 蜂時，每年 9～10 月即開始準備儲藏 15～20 百萬隻蜂之前蛹，使之於 7～8°C，75～85% RH 之環境下休眠[63]。本省臺糖公司將寄生蜂 *Trichogramma chilonis* 蛹貯存於 6°C，發現其蜂之羽化與寄生能力隨貯存日數之增加而趨降，最長不得超過20日[5]。故知適當之冷存處理可使蜂群發育正常，寄生率高，而獲得良好之治蟲效果。

總之，在上述各例之寄生蜂飼育過程中，若能發展出自動化或半自動化之流程[34,71]，才能大量生產寄生蜂，同時降低成本，比之使用農藥更爲經濟。

卵寄生蜂之釋放技術

卵寄生蜂釋放於田間之方式，有釋放成蜂或釋放含有寄生蜂蛹期之寄主卵。如欲增加其釋放效果，釋放天敵時應注意下列各點。

1．害蟲密度與其產卵期之瞭解：進行田間釋放寄生蜂之先，必須瞭解其寄主害蟲之田間發生情況，如寄主害蟲之發生密度及族群消長等，尤其是其產卵盛期。如此才能掌握最佳時機，而配合以最適當之寄生蜂釋放時間、釋放蜂數及釋放次數。

2．放蜂容器之使用：爲確保寄生蜂片釋放於田間後不受到任何之損害與敵害，最好使用放蜂器或給予特殊處理，以免已被寄生之寄主卵片釋放後被風吹、雨淋、日曬或受螞蟻、蜘蛛等天敵之侵害。德國釋放寄生蜂時即使用放蜂器[32]。我國大陸把玉米葉片之半邊從中點撕斷，沿中肋向基部撕開一段，將蜂片放在葉片下面，向基部方向捲成小卷，並予紮牢，做成保護器而保護之[6]。

3．釋放不同羽化期之寄生蜂：釋放卵寄生蜂之時期若與其寄主昆蟲之產卵期不相配合，則無法充分發揮其產卵寄生之防治效果。Hassan 與 Heil 兩氏主張 1 次釋放不同羽化期寄生蜂之蛹，不但可以延長該蜂對田間害蟲卵期之抑制效果，也可減少寄生蜂之釋放次數。德國在 1980 年使用此種釋放方式，能將釋放次數由原來之 3 次減爲 1 次。每公頃釋放 *Trichogramma evanescens* 蜂 135,000 隻，同時加用放蜂器之設置而資保護，結果其田間玉米螟幼蟲數比對照區減少約 75%[35]。

4．機械代替人工釋放寄生蜂：用人工釋放卵寄生蜂比較費力、費時而且釋放點較爲集中，其蜂群搜尋寄主之能力亦較弱。使用機械釋放寄生蜂則不但省力、省時而且釋放點比較分散，較易獲得防治效果。

蘇聯 Zilberg 等氏在 1976 年使用曳引機釋放卵寄生蜂。將已被寄生之寄主昆蟲卵裝入球形紙袋，裝在曳引機上，釋放時，機械會將紙袋撕開 1 小孔（孔徑約 0.8～1 mm）。拋散於距離約 10 m 之各方位置。此種釋放法已證實不至影響及成蜂之活力。在玉米田用此法防治歐洲玉米螟，釋放寄生蜂 *Trichogramma euproctidis* 3 次，總計每公頃釋放 50 點，共約 100,000 隻，其效果較用人手釋放爲優。使用機械與人力釋放寄生蜂之寄生率分別爲67%與57%，而不曾釋放寄生蜂之對照區寄生率僅爲19%[82]。

由於避免卵寄生蜂 *Trichogramma* spp. 搜尋寄主之能力過弱，故須發展大面積之釋放方法。1976～1978年保加利亞由蘇聯協助下在 Plovdiv 地方自空中用直升機釋放卵寄生蜂以防治歐洲玉米螟。初步試驗顯示使用直升機釋放方式對寄生蜂並不造成傷害，此法若與誘蟲器併用，則其防治效果更佳[8]。1980年 Pasko 等氏在 Moldavian 將寄生蜂 *Trichogramma*

evanescens 之蛹與煙草種子混合，裝置在直升機上，飛機在離作物約 5 m 高度處飛行並釋放寄生蜂蛹。經 5 天後進行調查，發現田間玉米螟卵之被寄生率高達92.3%。玉米之受害率因之減輕14～32%。在人工釋放寄生蜂之玉米田中，玉米之受害率僅減輕 1.6%[64]。

影響卵寄生蜂釋放效果之因子

玉米螟卵寄生蜂之釋放效果常受多種因子之直接或間接之影響，茲擇其重要者歸納爲下列數項。

1. 寄主害蟲之發生期：德國在歐洲玉米螟發生之初，即釋放其卵寄生蜂 *Trichogramma evanescens*，較之玉米螟發生後之 7 至 14天釋放者爲有效。故認爲玉米螟爲害開始時應即釋放寄生蜂。且釋放 2 至 4 次即可使玉米穗之被害數減少 80.5～96.8%[61,62]。又如我國山東省在歐洲玉米螟產卵初期釋放寄生蜂 *Trichogramma dendrolimi* 與 *Trichogramma ostriniae*，據稱可使其卵被寄生率達82.6%。若在寄主產卵盛期釋放寄生蜂，則其寄生率僅34.8%[27]。

2. 寄生蜂之釋放數量：一般言之，釋放寄生蜂防治害蟲彼此間之比例常因時、因地，尤其寄生蜂種類之不同而有差別。 Burbutis 與 Goldstein 兩氏認爲防治歐洲玉米螟釋放寄生蜂 *Trichogramma nubilale* 所需之蜂數較釋放 *Trichogramma* 屬之其它種類爲少。如釋放 *T. nubilale* 蜂欲使歐洲玉米螟卵寄生率達到80%者，僅需在 3 星期內每公頃釋放59,000 隻蜂即可。而釋放*Trichogramma evanescens* 蜂，則需在 4 星期內每公頃釋放 180,000 隻蜂[19]。

3. 釋放期間之氣候因素：寄生蜂釋放後在田間之活動受氣象因子之影響很大。 Savescu 與Tien兩氏報導在越南地區釋放*Trichogramma japonicum* 蜂，其田間之適宜氣候條件爲溫度 24～26°C 及濕度 60～80% RH，且以天晴、無風最爲相宜[68]。Radeva 氏亦報告在保加利亞利用 *Trichogramma euproctidis* 蜂防治歐洲玉米螟之成效與釋放時之天氣有關[65]。 Neuffer 氏亦在德國報告釋放 *Trichogramma evanescens* 蜂防治歐洲玉米螟，天氣好壞乃其成敗因子之一[61,62]。

4. 玉米之品種：Neuffer 氏報告德國甜玉米較易受玉米螟之爲害。釋放 *Trichogramma evanescens* 蜂防治歐洲玉米螟時，常較其它玉米品種需要較多之蜂數[62]。

5. 玉米之生長狀況：Feng 等氏發現在玉米生長旺盛時釋放寄生蜂 *Trichogramma dendrolimi* 與 *Trichogramma ostriniae* 防治歐洲玉米螟，較易見效[27]。

結　　論

玉米螟之生物天敵全球雖有 136 種之多，但各國在田間能實際應用而成功地防治玉米螟者，僅有 *Trichogramma* 屬卵寄生蜂。本省因稻田轉作雜糧，玉米栽培面積急速增加，防治玉米螟之工作目標亦朝向其卵寄生蜂*Trichogramma* spp. 之利用。目前極爲迫切進行之工作即爲鑑定本省玉米螟卵寄生蜂之種類及評估其防治玉米螟之實際效果。次之，則爲卵寄生蜂大量繁殖技術、釋放技術以及影響其釋放效果因子等之探究。而引進國外之玉米螟有效天敵亦值得考慮。

參閱歐、美各國之歐洲玉米螟之生物防治事例，得知玉米螟之生物天敵雖有其可利用價值，但就玉米螟之全面防治而言，仍以採用綜合防治爲是[17,28,44,56,57]。故應深入瞭解其生態系中各種不同因子間之相互作用，訂定其經濟爲害水平並建立預測方法[24,74]，以便採取適當措施。諸如在玉米螟成蛾發生初期即釋放卵寄生蜂，在幼蟲入莖前可施用蘇力菌劑[48]，與選擇性農藥[46]。利用玉米之抗蟲性或忍受性品系或品種以減輕玉米螟之爲害[11,46]。至於農業防治方面，可視當地玉米螟之常年發生期而調整玉米之種植日期，使能躲過玉米螟之產卵盛期[46]。玉米收穫時儘可能將植株低刈，如此可使遺株上約97%之玉米螟幼蟲不致留在田間[46]。而收割後之殘株予以適當處理亦極重要[15]，例如蘇俄在玉米收割時，除利用機械將玉米殘株打碎，又用迴旋犂將土壤深犂20～25 cm，避免殘株內之幼蟲留存土內成長而羽化爲成蟲[46]。西德利用此機械法，可使90%玉米螟越冬幼蟲死亡，而次年羽化出成蟲

數僅爲秋收時幼蟲數之1%[48,49]。玉米田四周之雜草亦須注意清除，以免成爲玉米螟生存繁殖之轉移棲所。Kokot 與 Bienko 兩氏曾謂歐洲玉米螟在環境適宜時，其爲害率常達 76%，因此玉米田連作時，尤須特別注意田間之各項作業，以杜絕害蟲在後作時之繼續繁衍與爲害[46]。

誌　　謝

本文承前臺灣植物保護中心謝豐國技正提供部分文獻，本系助理研究員陳炳輝與陳健忠協同蒐集資料，副研究員林珪瑞與美國農部農業研究中心洪章夫博士、美國加州大學 G. Platner 博士等代爲鑑定卵寄生蜂學名，謹附此一併誌謝。

參考文獻

1. 未具名。1984。稻米生產與稻田轉作計畫。農發會、農業局、農林廳、糧食局編。
2. 曾清田。1974。田間釋放玉米卵寄生蜂防治玉米螟效果試驗。玉米中心研究彙報 10:40-51.
3. 曾清田。1981。玉米螟及其防治法研究。南改場學術研討會報告 29-36。
4. 曾清田、侯金獅。1968。玉米螟二種寄生蜂、螟黃姬蜂(*Xanthopimpla stemmator* Thunberg)及星黃姬蜂(*X. punctata* Fabicius)田間寄生率初步調查。玉米中心研究彙報 6:25-28。
5. 梁崇仁、楊兆文。1983。新營區赤眼卵寄生蜂繁殖中心工作報告與檢討。臺糖通訊 72(11):1-7.
6. 蒲蟄龍。1978。害蟲生物防治的原理和方法。科學出版社 11-44。
7. 蘇先平。1984。花蓮地區釋放赤眼卵寄生蜂防治玉米螟試驗結果初報。花蓮農業簡訊 2:4。
8. Anonymous. 1979. *Trichogramma*-achievements, problems prospects. Rast. Zash. 27(7):1-15.
9. Andreadis, T. G. 1982a. Current status of imported and native parasites of the European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in Connecticut. J. Econ. Ent. 75(4):626-629.
10. Andreadis, T. G. 1982b. Impact of *Nosema purausta* on field populations of *Macrocentrus grandii*, an introduced parasite of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. J. Invert. Path. 39 (3):298-302.
11. Baca, F. & M. Draganic. 1981. Contribution to the study of the resistance of maize to *Ostrinia nubilalis* Hbn. and *Gibberella zeae* (Schw.) Petch. Zast. Bilja 32(3):251-258.
12. Baker, W, A., W. G. Bradley & C. A. Clark. 1949. Biological control of the European corn borer in the United States. U. S. Dept. Agric. Tech. Bull. 983:185pp.
13. Bendell, B. E., P. J. Westherhead & R. K. Stewart. 1981. The impact of predation by red-winged blackbirds on European corn borer populations. Can. J. Zool. 59(8):1535-1538.
14. Berge, J. B., A. Dalmasso, B. Pintureau, M. Babault; M. Bongiovanni & J. M. Bride. 1982. Intraspecific genetic variability in *Trichogramma maidis* (Hym. Trichogrammatidae). *In* Les trichogrammes. Ier Institut National de la Recherche Agronomique :15-21.
15. Berger, H. 1982. European corn borer control begin autumn! Maiszunslerbekampfung beginnt im Her Pflanzenarzt 35(11):105-107.
16. Bigler, F., J. Baldinger & L. Luisoni. 1982. The impact of the rearing method and of the host on the intrinsic quality of *Trichogramma evanescens* Westw. *In* Les trichogrammes. Ier Symposium International, Antibes, 20-23 avril 1982 Paris, France; Institut National de la

Recherche Agronomique :167-180.

17. Breniere, J. 1981. Integrated control against pests of tropical food crops. Agronomic Tropicale 36(1):78-81.

18. Burbutis, P. P., N. Erwin & L. R. Ertle. 1981. Reintroduction and establishment of *Lydella thompsoni* and notes on other parasites of the European corn borer in Delaware. Environ. Ent. 10(5):779-781.

19. Burbutis, P. P. & L. F. Goldstein. 1983. Mass rearing *Trichogramma nubilale* on European corn borer, its natural host. Prot. Ecol. 5(3):269-275.

20. Camarao, G. C. 1976. Population dynamics of the cornborer, *Ostrinia furnacalis* (Guenee). I. Life cycle, behavior, and generation cycles. Philippine Ent. 3(3/4):179-200.

21. Clark, C. A. 1934. The European corn borer and its controlling factors in the orient. U. S. Dept. Agric. Tech. Bull. 455:38pp.

22. Clausen, C. P. (ed.) 1978. Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: A world review. USDA Agric. Handbook 480:230-234.

23. Davis, C. P. & P. P. Burbutis. 1974. The effect of age-selective rearing on the biological quality of females of *Trichogramma nubilalum*. Ann. Ent. Soc. Amer. 67(5):765-766.

24. Denechere, M., S. Derridi & C. Duby. 1982. Study of a sequential sampling methed for estimating the number of egg-masses of the European corn borer *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lepidoptera-Pyralidae). Agron. 2(4):341-346.

25. Dvirnyak, P. I. 1979. Achievements and plans of Cherkess agriculturists. Rast. Zash. (12):12-14.

26. Ertle, L. R. & C. P. Davis. 1975. *Trichogramma nubilale* new species (Hymenoptera, Trichogrammatidae), an egg parasite of *Ostrinia nubilalis* (Hubner). Ann. Ent. Soc. Amer. 68: 525-528.

27. Feng, G. K., Y. L. Chou, K. S. Chang & S. H. Nieh. 1977. Studies on the control of European corn borers by using trichogrammatid egg parasities. Acta Ent. Sinica 20(3):253-258.

28. Gerginov, L. 1978. Measures for the control of the corn borer. Rast. Zash. 26(3):12-15.

29. Goldstein, L. F., P. P. Burbutis & D. G. Ward. 1983. Rearing *Trichogramma nubilale* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on Ultraviolet-Irradiated eggs of the European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae). J. Econ. Ent. 76:969-971.

30. Gong, H. F., P. Chen, R. Wang & M. L. Lian. 1981. Preliminary identification of species of corn borer from central Shanxi. Shanxi Nongye Kexue (2):12-15.

31. Hassan, S. A. 1981a. Mass-production and utilization of *Trichogramma*: I. Production of the host *Sitotroga cerealella*. Entomophaga 26(4):339-347.

32. Hassan, S. A. 1981b. Mass-production and utilization of *Trichogramma*: 2. Four years successful biological control of the European corn borer. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent 46(2):417-427.

33. Hassan, S.A. 1981c. Research problems in the use of *Trichogramma evanescens* for the control of the European corn borer. Mitteilungen der Deutschen

Gesellschaft fur Allgemeine und Angewandte Entomologie 2(3/5) : 214-217.

34. Hassan, S. A. 1982. Mass production and utilization of *Trichogramma*: 3. Results of some research projects related to the practical use in the Federal Republic of Germany. *In* Les trichogrammes. Ier Symposium International, Antibes, 20-23 avril 1982 Paris, France; Institut National de la Recherche Agronomique :213-218.

35. Hassan, S. A. & M. Heil. 1980. Control of the European corn borer with a single release of the egg parasite *Trichogramma evanescens*. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 32(7):97-99.

36. Hassan, S. A., G. A. Langenbruch & G. Neuffer. 1978. The influence of the hosts used for mass-rearing on the quality of the egg parasite *Trichogramma evanescens* in relation to the control of the maize borer, *Ostrinia nubilalis*. Entomophaga 23(4):321-329.

37. Herting, B & F. J. Simmonds. 1975. A catalogue of parasites and predators of terrestrial arthropods. Section A. Host or prey/enemy. Vol. VI. Lepidoptera Part 1:174-176. Farnham Royal, UK; Commonwealth Agricultural Bureaux.

38. Hill, R. E., D. P. Carpino & Z. B. Mayo. 1978. Insect parasites of the European corn borer *Ostrinia nubilalis* in Nebraska from 1948-1976. Environ. Ent. 7(2):249-252.

39. Huebner, L. B. & H. C. Chiang. 1982. Effects of parasitism by *Lixophaga diatraeae* (Diptera: Tachinidae) on food consumption and utilization of European corn borer larvae (Lepidoptera: Pyralidae). Environ. Ent. 11(5):1053-1057.

40. Institut National de la Recherche Agronomique 1979. *Trichogramma*: first use on a large scale. Phytoma 311:37.

41. Ivanov, L. 1982. The use of *Trichogramma* is underestimated. Rast. Zash. 30(6):33-35.

42. Jiang, Z. X. & J. A. Klun. 1981. Study on the use of sex pheromone for the identification of corn borers. Acta Ent. Sinica 24(4):356-360.

43. Karadjov, S. 1982. The corn borer in the Bulgarian People's Republic and the effectiveness of *Trichogramma* for its biological cotrol. *In* Les trichogrammes. Ier Symposium International, Antibes, 20-23 avril 1982 Paris, France; Institut National de la Recherche Agronomique :219-229.

44. Karadzhov, S., A. Zapryanov & V. Chak"rova (Eds.). 1980. The use of *Trichogramma* in integrated systems of plant protection. Sofia, Bulgaria; IOBC, EPS. 83pp.

45. Klok, V. E. 1975. *Trichogramma* in the control of the maize stalk borer. Rast. Zash. (12):20.

46. Kokot, O. P. & M. D. Bienko. 1978. Protection from the maize stem-borer. Rast. Zash. (4):52.

47. Krehbiel, O. & H. Wittwer. 1979. Experiments in the commercial application of parasitic wasps of the genus *Trichogramma* on maize crops in 1978. Mitteil. Schweiz. Landwirt. 27(1/2):43-44.

48. Langenbruch, G. A. 1981a. Methods of microbiological and mechanical control of the European corn borer

(*Ostrinia nubilalis*). Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent 46(2):429-436.

49. Langenbruch, G. A. 1981b. Effect of straw chopping and soil cultivation on the mortality of overwintering larvae of the European corn borer. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 33(6):86-90.

50. Lewis, L. C., J. E. Cossentine & R. D. Gunnarson. 1983. Impact of two microsporidea, *Nosema pyrausta* and *Vairimorpha mecatrix*, in *Nosema pyrausta* infected European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) larvae. Can. J. Zool. 61(4):915-921.

51. Lewis, L. C. & T. B. Johnson. 1982. Efficacy of two nuclear polyhedrosis viruses against *Ostrinia nubilalis* (Lep.: Pyralidae) in the laboratory and field. Entomophaga 27(1):33-38.

52. Lewis, L. C. & R. E. Lynch. 1976. Influence on the European corn borer of *Nosema pyrausta* and resistance in maize to leaf feeding. Environ. Ent. 5(1):139-142.

53. Lynch, R. E., L. C. Lewis & T. A. Brindley. 1976. Bacteria associated with eggs and first-instar larvae of the European corn borer: Isolation techniques and pathogenicity. J. Invert. Path. 27(3):325-331.

54. Manolache, C. & N. Tien. 1971. Contributions to the morphology of two species of *Trichogramma*: *Trichogramma evanescens* Westw. and *Trichogramma chilonis* Ishii (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and results of releasing them in the field for the control of the corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.). Analele Institutului de Cercetari Pentru Protectia Plantelor 9:349-361.

55. Marston, N. & L.R. Ertle. 1969. Host age and parasitism by *Trichogramma minutum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Ann. Ent. Soc. Amer. 62: 1476-1482.

56. Matov, G. N. & B. P. Adashkevich. 1976. Biolaboratories in Bulgaria. Rast. Zash. (12):52.

57. McLeod, D. G. R. 1981. Factors affecting the temporal distribution of the spring flight of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Can. Ent. 113(5): 433-439.

58. Mohd-Salleh, M. B. & L. C. Lewis. 1983. Camparative effects of spore-cryotal camplexes and thermostable exotoxins of six subspecies of *Bacillus thuringiensis* on *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae). J. Inver. Path. 41(3):336-340.

59. Mutuura, A. & E. Munroe. 1970. Taxonomy and distribution of the European corn borer and allied species: genus *Ostrinia* (Lepidoptera: Pyralidae). Mem. ent. Soc. Can. (71) :112pp.

60. Neuffer, G. 1979. The use of *Trichogramma evanescens* Westw. for the control of the corn borer *Ostrinia nubilalis* Hbn. in maize grown for food. Proceedings international symposium of IOBC/WPRS on integrated control in agriculture and forestry. Vienna, 8-12th October 1979 :405-406.

61. Neuffer, G. 1981. The biological control of the European corn borer *Ostrinia nubilalis* Hbn. with *Trichogramma evanescens* Westw. in sweet corn crops. Mitteilungen der Deutschen

Gesellschaft fur Allgemeine und Angewandte Entomologie 2(3/5):208-213.

62. Neuffer, G. 1982. The use of *Trichogramma evanescens* Westw. in sweetcorn fields. A contribution to the biological control of the European corn borer *Ostrinia nubilalis* Hbn. in south west Germany. *In* Les trichogrammes, Ier Symposium International, Antibes, 20-23 avril 1982 Paris, France; Institut National de la Recherche Agronomique :231-237.

63. Pargamin, G. D. & A. N. Grigorenko. 1977. Increasing the effectiveness of using *Trichogramma*. Rast. Zash. (7):26.

64. Pasko, A. K., A. V. Barabash, A. M. Grinberg, A. F. Vorotyntseva, I. N. Boubetryn & B. V. Pynzar. 1982. Aerial distribution of *Trichogramma*. Rast. Zash. (7):17.

65. Radeva, K. 1978. Effect of *Trichogramma* on the maize borer. Rast. Zash. 26(7):31-32.

66. Riba, G., S. Marcandier, G. Richard & I. Larget. 1983. Susceptibility of the maize pyralid (*Ostrinia nubilalis*) (Lep. Pyralidae) to entomopathogenic Hyphomycetes. Entomophaga 28(1):55-64.

67. Rosca, I. & A. Barbulescu. 1983. Biological factors limiting the abundance of the European cornborer (*Ostrinia nubilalis* Hb.) in Romania. Studii si Cercetari de Biologie, Biologie Animala 35(1):32-35.

68. Savescu, A. & N. N. Tien. 1972. Analysis of the conditions necessary for the growth and development of the oophagous wasp *Trichogramma chilonis* Ish. with a view to establishing the conditions of its release into crops infested by the European corn borer. Analele Institutului de Cercetari Pentru Protectia Plantelor 8:179-189.

69. Singh, R. P. 1969. A simple method for rendering host eggs inviable for the laboratory rearing of *Trichogramma* species. Indian J. Ent. 31:83-84.

70. Stengel, M. 1982. Review of forecasts of damage in relation to control measures against the maize borer (*Ostrinia nubilalis*) in Alsace (eastern France). Entomophaga 27 (special issue):105-114.

71. Voegele, J. 1981. Biological control of *Ostrinia nubilalis* by means of *Trichogramma*. Bulletin, Organisation Europeenne et Mediterraneenne pour la Protection des Plantes 11(2):91-95.

72. Voegele, J., J. Daumal, P. Brun & J. Onillon. 1974. Action du traitement au froid et aux ultraviolets de l'oeuf *d'Ephestia kuehniella* sur le taux de multiplication de *Trichogramma evanescens* et *Trichogramma brasiliensis*. Entomophaga 19:341-348.

73. Voegele, J. & J. Russo. 1981. *Trichogramma* spp. Vc. discovery in Alsace of two new species of *Trichogramma*, *Trichogramma schuberti* and *T. rhenana* (Hym. Trichogrammatidae) in egg-masses of *Ostrinia nubilalis* Hubn., (Lepid. Pyralidae). Ann. Ent. France 17(4):535-541.

74. Walker, P. T. 1981. The relation between infestation by lepidopterous stem borers and yield in maize: methods and results. Bulletin, Organisation Europeenne et Mediterraneenne pour la Protection des Plantes 11(2):101-106.

75. Welch, H. E. & L. J. Briand. 1960.

Field experiment on the use of a nematode for the control of vegetable crop insects. Proc. ent. Soc. Ont. 91: 197-202.

76. Windels, M. B., H. C. Chiang & B. Furgala. 1976. Effects of *Nosema pyraustae* on pupa and adult stages of the European corn borer *Ostrinia nubilalis*. J. Invet. Path. 27(2):239-242.

77. Young, G. R. 1979. Biological and chemical control of *Ostrinia furnacalis* Guenee (Lepidoptera: Pyralidae) on the mainland of Papua New Guinea. Papua New Guinea Agric. J. 30(1/3):21-24.

78. Young, J. R. & J. J. Hamm. 1967. Reproduction of *Trichogramma fasciatum* in eggs from tepa-sterilized fall armyworm. J. Econ. Ent. 60:723-724.

79. Yu, S. H., E. R. Wang, Y. L. Zhang, G. Q. Li, X. F. Wen, X. R. Hao & F. Y. Yu. 1982. Preliminary report of experiments on the control of corn borer by *Trichogramma dendrolimi* labelled with ^{32}P. Yuanzineng Nongye Yingyong (2):31-36.

80. Yunus, A. & H. T. Hua. 1969. The biology and chemical control of the maize borer *Ostrinia salentialis* Snellen, in West Malaysia. Malaysian Agric. J. 47(1):109-140.

81. Zhang, J. & J. Wang. 1982. Two new species of *Trichogramma* (Hym.: Trichogrammatidae). Entomotaxonomia 4(1/2):49-52.

82. Zil'Berg, L. P., A. S. Abashkin & B. P. Adashkevich. 1976. Capsules for the distribution of *Trichogramma*. Rast. Zash. (5):27.